บทที่ 5

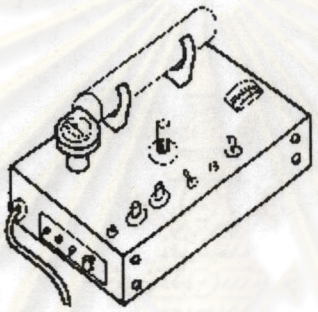
กรณีตัวอย่างของการใช้ซอฟต์แวร์ PIM ในการระบุหากระบวนการ

ในบทนี้จะกล่าวถึงกรณีตัวอย่าง ในการใช้ซอฟต์แวร์ PIM ในการระบุหากระบวนการที่สร้างขึ้นซึ่งได้กล่าวถึงวิธีการใช้ไว้แล้วในบทที่ 4 โดยกรณีตัวอย่างที่นำมาเสนอ ได้นำเสนอการพิจารณากระบวนการในหลายรูปแบบ เช่นการพิจารณากระบวนการเป็นแบบ หนึ่งเอาท์พุท และหนึ่งอินพุท และพิจารณากระบวนการในรูปแบบ อินพุทหลายตัวแปรกับเอาท์พุทหนึ่งตัวแปร เป็นต้น ในการหาค่าทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันของกระบวนการ เพื่อที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการออกแบบตัวควบคุมต่อไป

5.1 กรณีตัวอย่างที่หนึ่ง

เป็นกรณีตัวอย่างของ “hair dryer (Feedback ‘s Process Trainer PT326) ” (Ljung L., 1987) รูปของกระบวนการแสดงดังรูปที่ 5.1 การทำงานของกระบวนการคือ อากาศจะถูกเป่าเข้าไปผ่านหลอด และ ให้ความร้อนที่ปากทางเข้า ข้อมูลเอาท์พุทของกระบวนการคือ อุณหภูมิของอากาศที่ทางออกของหลอด โดยใช้เทอร์โมคัพเปิล (Thermocouple) เป็นตัววัด ส่วนข้อมูลอินพุทของกระบวนการ เป็น ค่าความต่างศักย์ของตัวให้ความร้อน ซึ่งในการดลองนี้ได้มีการเก็บตัวอย่างมาของข้อมูลทั้งหมด 1,000 จุด โดยข้อมูลที่นำมาใช้ในการประมวล

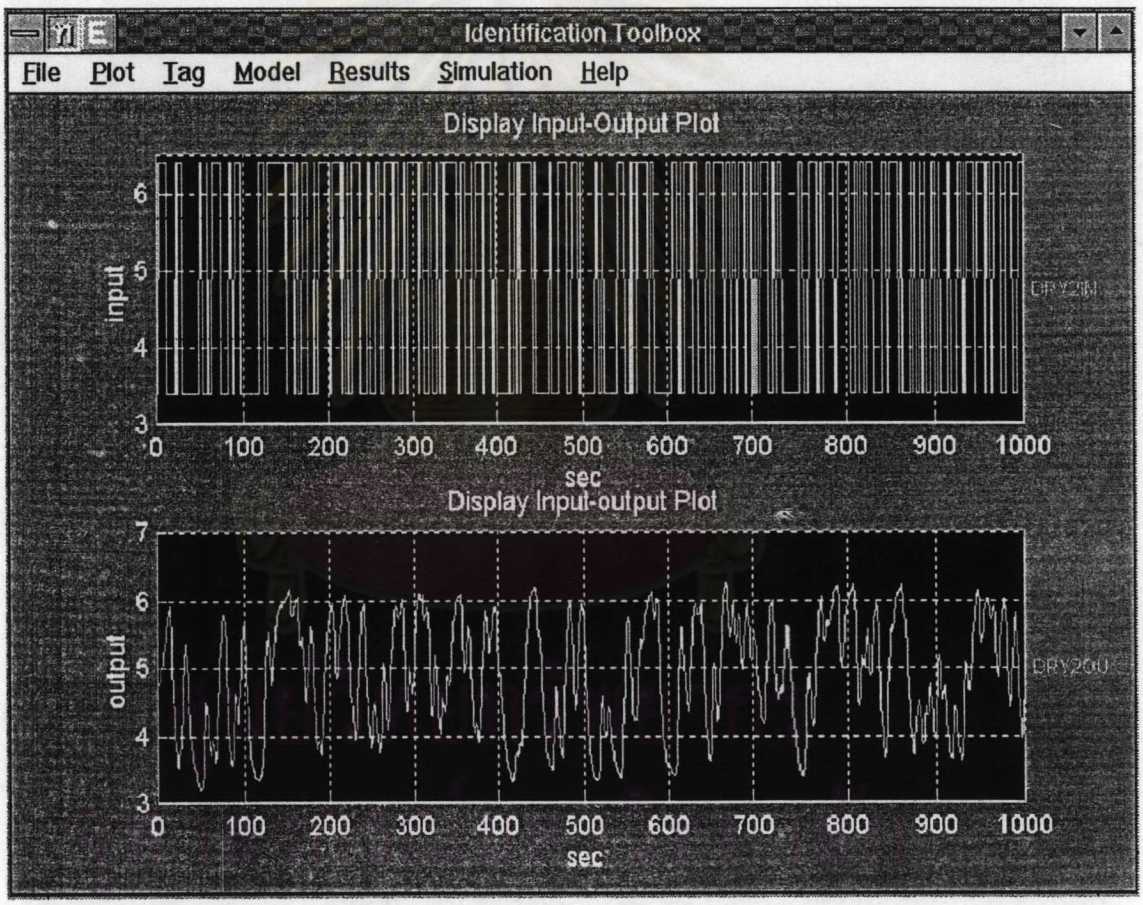
ผลด้วยซอฟต์แวร์ PIMในครั้งนี้ ได้มีการบันทึกไว้ในโปรแกรมของ MATLAB ซึ่งเป็นไฟล์ที่มีนามสกุลเป็น ".mat" ชื่อไฟล์ "dryer2.mat" ดังนั้นในการนำมาใช้ในโปรแกรมของการระบุหากระบวนการที่สร้างขึ้น จึงจำเป็นต้องมีการบันทึกไฟล์ของข้อมูลใหม่ โดยใช้ ซับเมนู "struct data" ซึ่งอยู่ภายใต้ เมนู "File" เป็นตัวบันทึกเป็นไฟล์ของข้อมูล ในรูปแบบซึ่งใช้ไฟล์ของข้อมูลในซอฟต์แวร์ PIM ในการระบุหากระบวนการได้



รูปที่ 5.1 กระบวนการ ในกรณีตัวอย่างที่ 1

จากที่กล่าวในบทที่ 4 ถึงการเริ่มต้นการใช้ซอฟต์แวร์มาแล้ว เมื่อผ่านขั้นตอนของการเปิดไฟล์ข้อมูลของอินพุท และ เอาท์พุท กราฟของข้อมูลทั้งสองจะแสดง ในหน้าต่างของ "Identification Toolbox" ดังแสดงในรูปที่ 5.2 โดยชื่อไฟล์ข้อมูลอินพุท (ค่าความต่างศักย์ของตัวให้ความร้อน) และ เอาท์พุท (อุณหภูมิของอากาศที่ขาออก) คือ "DRY2IN" และ "DRY2OU" ตามลำดับ ในการระบุหากระบวนการ จำนวนข้อมูลที่ใช้ ในการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ ของสมการแบบจำลองกระบวนการ เท่ากับ 500 จุด จากชุดข้อมูล 1000 จุด

การทดลองการระบุหากระบวนการ ในกรณีตัวอย่างที่ 1 โดยใช้ทุกโครงสร้างของแบบจำลองที่มีให้เลือกใช้ในซอฟต์แวร์ PIM และกำหนดให้อันดับของค่าพารามิเตอร์ที่ต้องคำนวณหา ของสมการของแบบจำลองมีค่า เป็นอันดับหนึ่ง ซึ่งผลของการระบุหาของแต่ละแบบจำลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.1



รูปที่ 5.2 กราฟแสดงข้อมูลอินพุท และเอาท์พุทของกระบวนการ “hair dryer” ของกรณีตัวอย่างที่ 1

ข้อมูลในตารางที่ 5.1 เป็นการแสดงผลเปรียบเทียบค่าของ ค่าแวเรียนซ์ของความผิดพลาด ค่าความผิดพลาดแบบ FPE ค่าคงที่ของกระบวนการ (Process Gain) ค่าคงที่ของเวลาของกระบวน (Time Constant) โดยชื่อของไฟล์ของแบบจำลองคือ ชื่อของแบบจำลองที่ตั้งขึ้นเพื่อใช้ในการกำหนดเป็นตัวแปรในการคำนวณ ซึ่งทำการจัดเก็บไฟล์นี้ในนามสกุล ".mdl"

ตารางที่ 5.1 ผลของการระบุหากระบวนการ ในกรณีตัวอย่างที่ 1 โดยค่าอันดับของพารามิเตอร์ที่ใช้คำนวณมีค่า เท่ากับ 1 ในทุกๆ แบบจำลองที่ทำการคำนวณ

ชื่อไฟล์ของแบบจำลอง	สมการของแบบจำลอง	แวเรียนซ์ของความผิดพลาด	ค่าความผิดพลาด FPE	Process Gain	Time Constant
A01	ARX	0.03748	0.03779	0.7051	33.5
A_03	ARMA	0.0171	0.01724	-	-
A_6	ARMAX	0.0162	0.01639	0.4877	25.07
A07	OE	0.6266	0.6316	0.1596	5.271
A08	BJ	0.01668	0.01695	0.003955	1.406
A09	PEM	0.01019	0.01039	0.03636	5.608

ในกรณีที่ระบุหากระบวนการโดยคาดคะเน จำนวนพารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณเป็นช่วงของจำนวนพารามิเตอร์ ซอฟต์แวร์ PIM จะทำจัดเรียงชุดของค่าอันดับ ของชุดพารา-มิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณของแต่ละแบบจำลอง จากนั้นจึงคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ และจัดเก็บค่าของพารามิเตอร์ และจำนวนพารามิเตอร์ ที่ทำให้ค่าความผิดพลาดแบบ FPE ต่ำสุด เป็นค่าพารามิเตอร์ และจำนวนพารามิเตอร์ของแบบจำลองของกระบวนการ ซึ่งในกรณีตัวอย่าง

ที่ 1 ผลของการคำนวณหาจำนวนพารามิเตอร์ ซึ่งอยู่ในช่วง 1-2 ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.3 และ ในตารางที่ 5.2 ได้แสดงค่าแวเรียนซ์ของความผิดพลาดที่เกิดขึ้น แสดงได้ดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ผลของการระบุหากระบวนการ ในกรณีตัวอย่างที่ 1 โดยค่าอันดับของพารามิเตอร์ที่ใช้คำนวณมีค่า อยู่ในช่วง 1-2 ในทุกๆ แบบจำลองที่ทำการคำนวณ

ชื่อไฟล์ของแบบจำลอง	สมการของแบบจำลอง	แวเรียนซ์ความผิดพลาด	ค่าความผิดพลาด FPE	Process Gain	Time Constant
A02	ARX	0.008225	0.008358	0.4511	6.102
A_04	ARMA	0.01047	0.0106	-	-
A10	ARMAX	0.00692	0.00706	0.4793	4.755
A11	OE	0.4305	0.4374	0.1949	5.631
A12	BJ	0.00228	0.002345	0.848	3.389
A13	PEM	0.001505	0.001554	0.9382	4.067

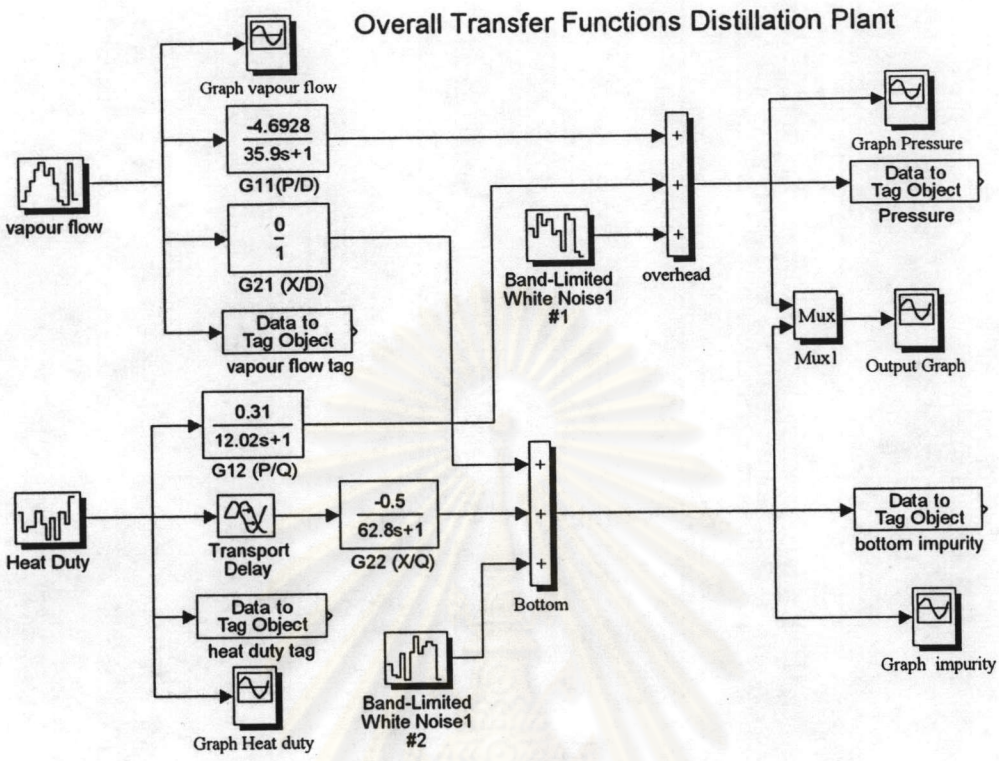
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.3 จำนวนพารามิเตอร์ที่ได้ในการระบุหากระบวนการ จากการเลือกใช้เป็นช่วงของค่าของจำนวนพารามิเตอร์ ของแต่ละแบบจำลอง

ชื่อไฟล์ของแบบจำลอง	สมการของแบบจำลอง	จำนวนพารามิเตอร์ที่ใช้ในการประมาณค่า					
		a	b	c	d	f	DT
A02	ARX	2	2	-	-	-	2
A_04	ARMA	2	-	1	-	-	-
A10	ARMAX	2	2	1	-	-	2
A11	OE	-	2	-	-	2	1
A12	BJ	-	2	1	2	2	2
A13	PEM	1	2	1	2	2	2

5.2 กรณีตัวอย่างที่ 2

เป็นกรณีตัวอย่างของหอกลั่น โดยค่าทรานส์เฟอร์ฟังก์ชัน ที่ได้ใช้เป็นกระบวนการจริงในการเลียนแบบ เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการระบุหากระบวนการ เป็นค่าทรานส์เฟอร์ฟังก์ชัน ซึ่งได้มาจากการการทดลองบนกระบวนการจริง (Pranob B., 1995) ซึ่งได้ตีพิมพ์ผลของทรานส์เฟอร์ฟังก์ชัน (เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาระบบการควบคุม) ในวารสารทางด้านการควบคุมกระบวนการ (Journal of Process Control) รูปของกระบวนการซึ่งใช้ในการเลียนแบบกระบวนการ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่จะนำไปใช้ ในโปรแกรมซิมมูลิงค์ ได้แสดงในรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 กระบวนการที่ใช้ในการเลียนแบบกระบวนการกลั่น ของกรณีตัวอย่างที่ 2

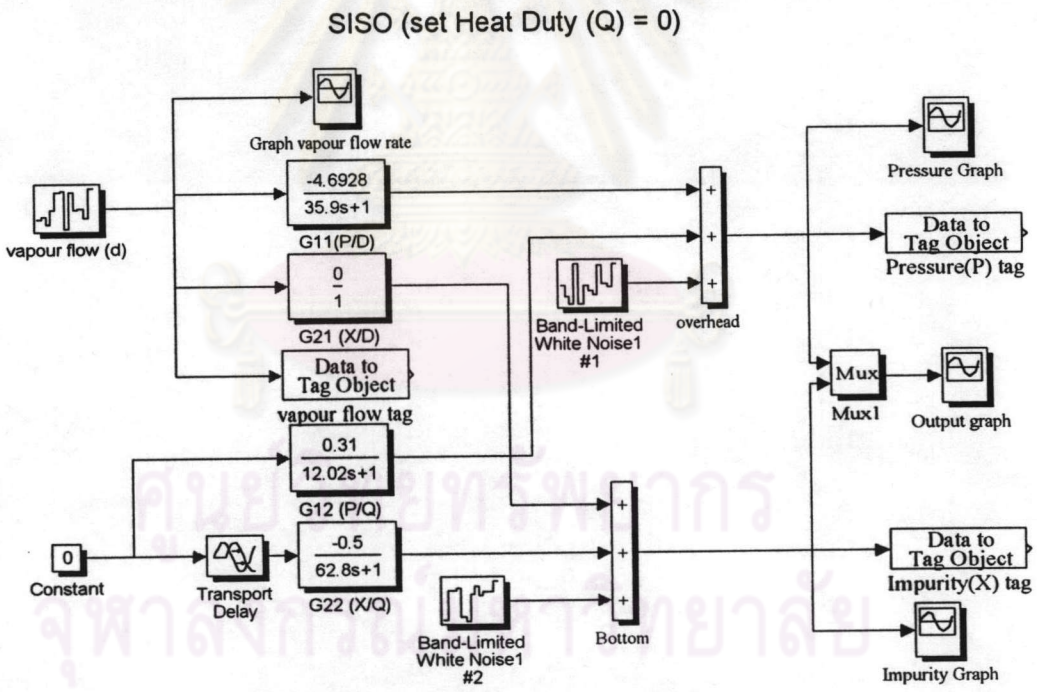
จากกระบวนการที่แสดงในรูปที่ 5.3 เป็นระบบที่มีอินพุท 2 ตัวแปร คือ อัตราการไหลของไอที่ยอดหอ (overhead vapour flow, D) พลังงานที่ใช้ในหม้อต้มซ้ำ (reboiler duty, Q) และเอาท์พุท 2 ตัวแปร คือ ความดันที่ยอดหอ (pressure, P) ความบริสุทธิ์ของสารที่ก้นหอ (impurity, X)

ในกรณีตัวอย่างที่ 2 นี้ ได้พิจารณากระบวนการ ในการหาค่าทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันของกระบวนการเป็น 3 รูปแบบ โดยพิจารณาในรูปแบบความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลอินพุท และเอาท์พุท มีความสัมพันธ์แบบ หนึ่งต่อหนึ่ง (พิจารณา กระบวนการเป็นเอสไอเอสโอ, SISO) พิจารณากระบวนการเป็นแบบ เอ็มไอเอสโอ (ในกรณีตัวอย่างที่ 2 พิจารณา อินพุท 2 ตัวแปร

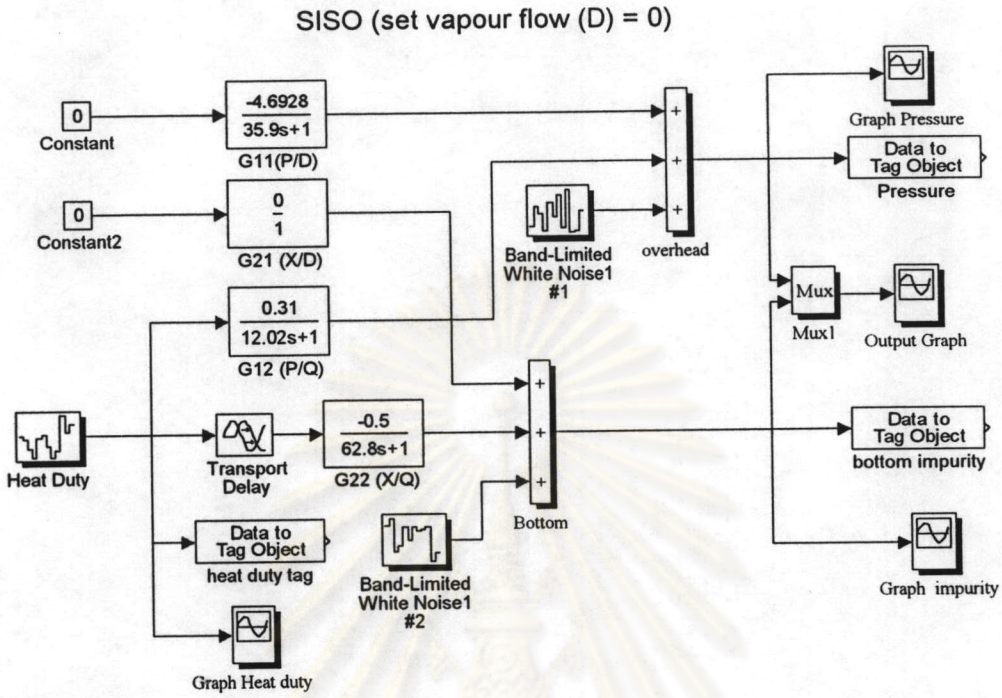
กับแต่ละเอาท์พุท, MISO) พิจารณากระบวนการเป็นระบบ เอ็มไอเอ็มโอ (อินพุท2 ตัวแปร กับ เอาท์พุท 2 ตัวแปร, MIMO)

5.2.1 การพิจารณากระบวนการแบบเอสไอเอสโอ

การพิจารณากระบวนการเป็น เอสไอเอสโอ ทำได้โดยใส่สัญญาณอินพุท ทีละตัวเข้าสู่กระบวนการ จากนั้น เก็บข้อมูลอินพุท และเอาท์พุทที่ได้จากการเลียนแบบกระบวนการ เข้าในไฟล์ข้อมูล โดยรูปของบล็อคไดอะแกรมในการเลียนแบบกระบวนการแบบเอสไอเอสโอ ได้แสดงไว้ในรูปที่ 5.4 และรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.4 กระบวนการที่ใช้ในการเลียนแบบกระบวนการหอกลั่น ในกรณีตัวอย่างที่ 2 โดยกำหนดให้ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณอินพุท (พลังงานความร้อนที่ใช้ในหม้อต้มซ้ำ)



รูปที่ 5.5 กระบวนการที่ใช้ในการเลียนแบบกระบวนการหอกลั่น ในกรณีตัวอย่างที่ 2 โดยกำหนดให้ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณอินพุท (อัตราการไหลของไอที่ยอดหอ)

ในรูปที่ 5.4 เป็นกรณีที่ กำหนดให้การเปลี่ยนแปลง สัญญาณอินพุทคือค่าพลังงานความร้อนที่ใช้ในหม้อต้มซ้ำ เท่ากับศูนย์ และในรูปที่ 5.5 ให้การเปลี่ยนแปลงอินพุท(อัตราการไหลของไอที่ยอดหอ) มีค่าเท่ากับศูนย์

จากรูปที่ 5.4 และรูปที่ 5.5 สามารถแบ่งเป็นกรณีย่อยๆในการพิจารณาหาค่าทรานส์เฟอร์ฟังก์ชัน แบบเอสไอเอสโอได้ 4 กรณีคือ

ก. ทรานส์เฟอร์ฟังก์ชัน ระหว่างอินพุทคือ อัตราการไหลของไอที่ยอดหอ กับ เอาท์พุทคือ ความดันที่ยอดหอ ดังแสดงในรูปที่ 5.4 ซึ่งทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันของกระบวนการจริง คือ $G_{11} = \frac{-4.6928}{35.9\,s+1}$

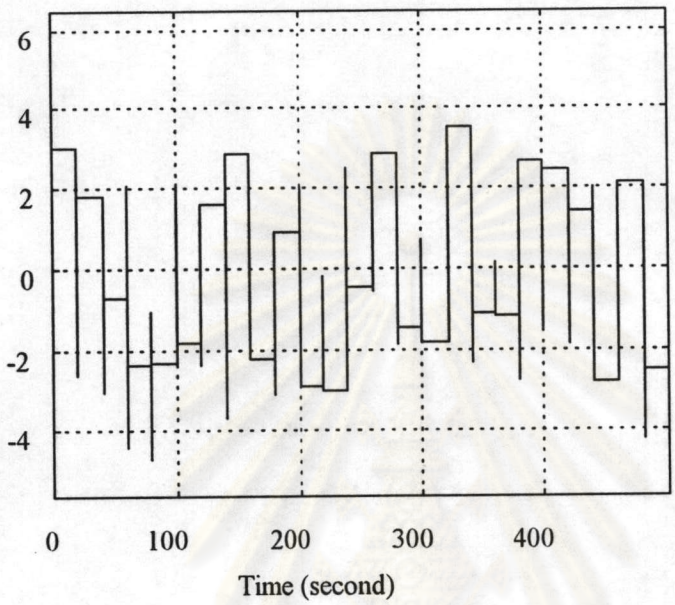
ข. ทรานส์เฟอร์ฟังก์ชัน ระหว่างอินพุทคือ อัตราการไหลของไอที่ยอดหอ กับ เอาท์พุทคือ ความบริสุทธิ์ของสารที่ก้นหอ ดังแสดงในรูปที่ 5.4 ซึ่งทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันของกระบวนการจริง คือ $G_{21} = 0$

ค. ทรานส์เฟอร์ฟังก์ชัน ระหว่างอินพุทคือ พลังงานความร้อนที่ใช้ในหม้อต้มซ้ำ กับเอาท์พุทคือ ความดันที่ยอดหอ ดังแสดงในรูปที่ 5.5 ซึ่งทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันของกระบวนการจริง คือ $G_{12} = \frac{0.31}{12.02\,s+1}$

ง. ทรานส์เฟอร์ฟังก์ชัน ระหว่างอินพุทคือ พลังงานความร้อนที่ใช้ในหม้อต้มซ้ำ กับเอาท์พุทคือ ความบริสุทธิ์ของสารที่ก้นหอ ดังแสดงในรูปที่ 5.5 ซึ่งทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันของกระบวนการจริง คือ $G_{22} = \frac{0.5e^{-30s}}{62.8\,s+1}$

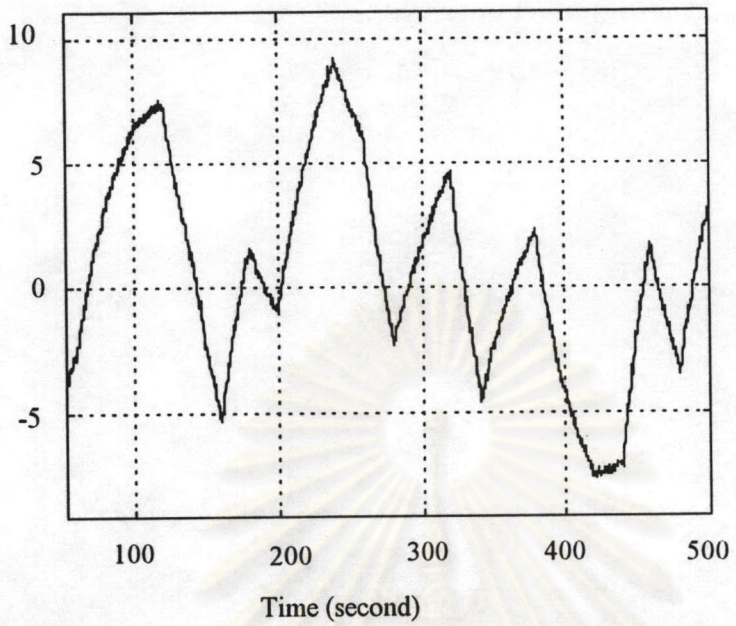
ในการเลียนแบบกระบวนการในโปรแกรมซิมมูลิงค์ ได้ใช้สัญญาณอินพุทเป็นลักษณะของพัลส์สี่เหลี่ยม แบบแรนดอม (ใช้บล็อคไดอะแกรมชื่อ "band limited white noise") ซึ่งได้แสดงกราฟของสัญญาณอินพุท ไว้ในรูปที่ 5.6 และสัญญาณของเอาท์พุทของกระบวนการไว้ในรูปที่ 5.7 โดยในการเลียนแบบกระบวนการได้เพิ่มสัญญาณรบกวนเข้าไปเล็กน้อย

ซึ่งกราฟแสดงสัญญาณรบกวนได้แสดงไว้ในรูปที่ 5.8 ในการเลียนแบบกระบวนการใช้เวลาทั้งหมด 500 วินาที และช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลเท่ากับ 1 วินาที

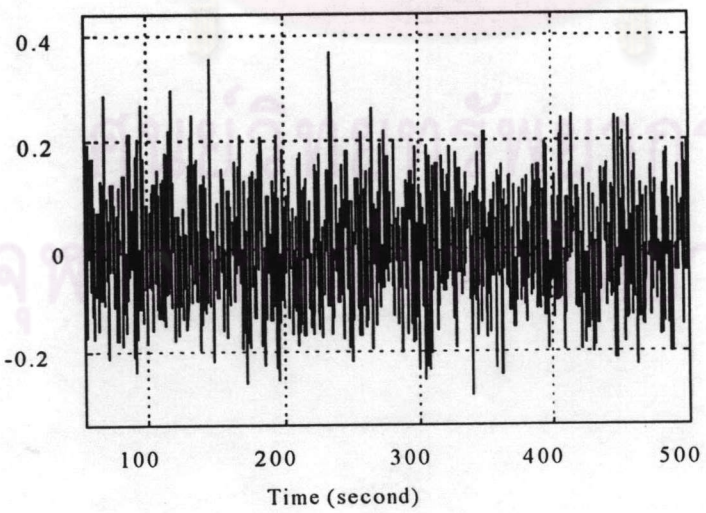


รูปที่ 5.6 กราฟแสดงสัญญาณอินพุท (อัตราการไหลที่ยอดหอ) ในกรณีพิจารณากระบวนการเป็นแบบเอสไอเอสโอ

ซึ่งสัญญาณอินพุทที่ใช้ในการเลียนแบบกระบวนการ ดังแสดงในรูปที่ 5.4 และ รูปที่ 5.5 มีลักษณะคล้ายคลึงกันแตกต่างที่ค่าของความสูงของพีค และค่าความกว้างของพัลส์ โดยในรูปที่ 5.6 ความกว้างของพีคที่ใช้เท่ากับ20 ส่วนสัญญาณอินพุท (พลังงานความร้อนที่ใช้ในหม้อต้มซ้ำ) มีความกว้างของพีคเท่ากับ 50 ซึ่งได้แสดงกราฟของสัญญาณอินพุทไว้ในภาคผนวก ค



รูปที่ 5.7 สัญญาณเอาท์พุท(ความดันที่ยอดหอ) เนื่องจากของกระบวนการ กรณีพิจารณากระบวนการเป็นแบบเอสไอเอสโอ อินพุท(อัตราการไหลของไอที่ยอดหอ)



รูปที่ 5.8 สัญญาณรบกวนที่ใส่เพิ่มเข้าไปในกระบวนการในการเลียนแบบกระบวนการ กรณีพิจารณากระบวนการเป็นแบบเอสไอเอสโอ

ส่วนกราฟแสดงสัญญาณอินพุท (พลังงานความร้อนที่หม้อต้มซ้ำ) และเอาท์พุทที่เกิดจากสัญญาณอินพุทนี้ ได้แสดงกราฟไว้ในภาคผนวก ค

ผลของการนำข้อมูลจากการเลียนแบบกระบวนการ ไปใช้คำนวณหาค่าทรานส์เฟอร์ฟังก์ชัน ในโปรแกรมการระบุหากระบวนการแบบเอสไอเอสโอ ทั้ง 4 กรณี แสดงดังตารางที่ 5.4 และตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.4 ผลการระบุหากระบวนการในกรณีพิจารณากระบวนการเป็นแบบเอสไอเอสโอ โดยมีอินพุทคือ อัตราการไหลของไอที่ยอดหอ (D)

ชื่อแบบจำลอง "m2sidu11" ARX (na=nb=1) เอาท์พุท (P)	ค่าเกน (Gain) -4.651	ค่าคงที่ของเวลาของกระบวนการ 36.67
	พารามิเตอร์ a = -0.9731 b = -0.1251 $G_{11} = \frac{-4.651}{36.67s+1}$	

หมายเหตุ กรณีผลของอินพุทอัตราการไหลของไอที่ยอดหอ (D) ต่อ เอาท์พุท ความบริสุทธิ์ของสารที่ก้นหอ ไม่พิจาณา เนื่องจาก ทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันของกระบวนการจริงเป็นศูนย์ ดังนั้นสัญญาณของเอาท์พุทที่ได้จากการเลียนแบบกระบวนการจึงเป็นสัญญาณรบกวนที่ใส่เข้าไปในการเลียนแบบกระบวนการเท่านั้น

ตารางที่ 5.5 ผลการระบุหากระบวนการในกรณีพิจารณากระบวนการเป็นแบบเอสไอเอสโอ โดยมีอินพุทคือ พลังงานความร้อนที่ใช้ในหม้อต้มซ้ำ (Q)

ชื่อแบบจำลอง "m2siqu23" ARX (na=nb=1) เอาท์พุท (P)	ค่าเกน (Gain) 0.3036	ค่าคงที่ของเวลาของกระบวนการ 11.94
	พารามิเตอร์ a = -0.9197 b = 0.02439 $G_{12} = \frac{0.3036}{11.94s+1}$	
ชื่อแบบจำลอง "m2siqu24" ARX (na=nb=1) DT = 30 เอาท์พุท (Q)	ค่าเกน (Gain) -0.5109	ค่าคงที่ของเวลาของกระบวนการ 64.87
	พารามิเตอร์ a = -0.9847 b = 0.007816 $G_{22} = \frac{-0.5109e^{-30s}}{64.87s+1}$	

5.1.2 พิจารณากระบวนการแบบ เอ็มไอเอสโอ

รูปการเลียนแบบแบบจำลองของกระบวนการจริง แสดงดังรูปที่ 5.3 ในกรณีนี้ ใส่สัญญาณอินพุททั้งสองตัวแปรพร้อมกัน โดยใช้ลักษณะของสัญญาณเหมือนในกรณีพิจารณากระบวนการแบบเอสไอเอสโอ ซึ่งกราฟของเอาท์พุทที่เกิดจากอินพุททั้งสองคือ อัตราไหลของไอที่ยอดหอ กับ พลังงานความร้อนที่หม้อต้มซ้ำ ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ในการพิจารณากระบวนการแบบเอ็มไอเอสโอ ทำได้โดย

- พิจารณาอินพุทอัตราไหลของไอ (D) และ พลังงานที่ใช้ในหม้อต้มซ้ำ (Q) กับ เอาท์พุท ความดันที่ยอดหอ (P)

- พิจารณาอินพุทอัตราไหลของไอ (D) และ พลังงานที่ใช้ในหม้อต้มซ้ำ (Q) กับ เอาท์พุท ความบริสุทธิ์ของสารที่ก้นหอ (X)

การระบุหากระบวนการของระบบแบบเอ็มไอเอสโอ ทำได้โดย หาค่าพารามิเตอร์ ค่าเกน และค่าคงที่ของเวลาของกระบวนการทีละชุดของข้อมูลที่ทำการพิจารณา ซึ่งผลที่ได้จากการระบุหากระบวนการในกรณีแสดงดังตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 ทรานส์เฟอร์ฟังก์ชัน ซึ่งเป็นผลการระบุหากระบวนการของกรณีตัวอย่างที่ 2 ในการพิจารณากระบวนการแบบเอ็มไอเอสโอ

ชื่อแบบจำลอง	ทรานส์เฟอร์ฟังก์ชัน
MISO (ARX)	$G_{11} = \frac{-1.919}{14.91s+1}$ $G_{12} = \frac{0.2514}{14.91s+1}$ $G_{21} = 0$ $G_{22} = \frac{-0.475\,e^{-30s}}{58.42\,s+1}$

5.1.3 พิจารณากระบวนการในกรณีตัวอย่างที่ 2 แบบเอ็มไอเอ็มโอ

ทำได้โดยป้อนข้อมูลที่เก็บได้ จากการเลียนแบบกระบวนการ ในรูปที่ 5.3 และพิจารณาชุดของข้อมูลทั้งหมดพร้อมกัน ในการหาค่าทรานส์เฟอร์ฟังก์ชัน

ตารางที่ 5.7 ทรานส์เฟอร์ฟังก์ชัน ซึ่งเป็นผลการระบุหากระบวนการของกรณีตัวอย่างที่ 2 ในการพิจารณากระบวนการแบบเอ็มไอเอ็มโอ

ชื่อแบบจำลอง	ทรานส์เฟอร์ฟังก์ชัน
MIMO (ARX)	$G_{11} = \frac{-1.517}{110s+1}$ $\quad G_{12} = \frac{0.1954}{110s+1}$ $G_{21} = 0$ $\quad G_{22} = \frac{-0.2e^{-30s}}{110s+1}$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย